

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース*(参考)
B 2 2 F 3/14	1 0 1	B 2 2 F 3/14	1 0 1 A 4 K 0 1 8
C 0 4 B 35/64		C 0 4 B 35/64	E

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-401507(P2000-401507)

(22) 出願日 平成12年12月28日 (2000. 12. 28)

(71) 出願人 000183381

住友石炭鉱業株式会社

東京都港区西新橋三丁目20番4号

(72) 発明者 錦田 正雄

東京都港区西新橋三丁目20番4号 住友石炭鉱業株式会社内

(72) 発明者 中川 勝之

東京都港区西新橋三丁目20番4号 住友石炭鉱業株式会社内

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

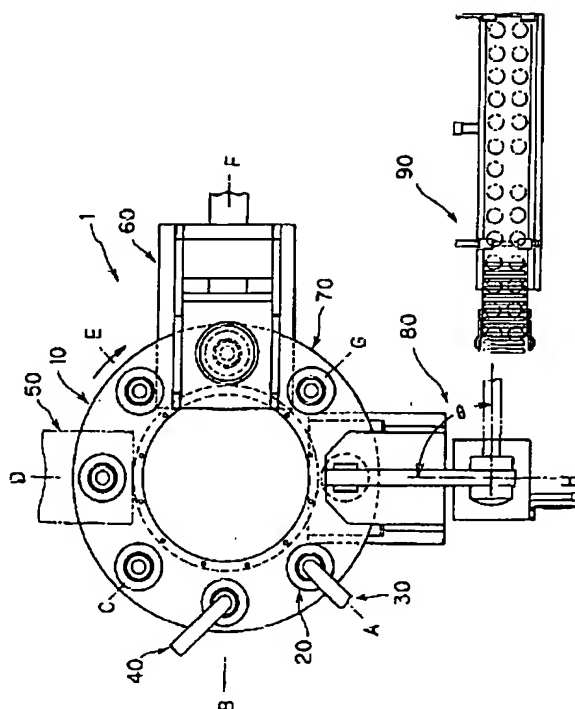
Fターム(参考) 4K018 EA22

(54) 【発明の名称】 ロータリテーブル式通電加圧焼結装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ロータリテーブル式の通電加圧焼結装置において、焼結時の迅速な昇温、焼結を可能とする。

【解決手段】 本発明の、ロータリテーブル式の通電加圧焼結装置1は、焼結型装着部が設けられた間欠回転可能なロータリテーブルと、前記焼結型装着部に固定されており、パンチ部材が移動可能に挿入可能な焼結型21と、焼結型の移動中でも所定の温度に予熱できる加熱装置26と、前記ロータリテーブルの間欠停止時に前記焼結型の穴内に粉末材料を充填する充填機構50と、前記焼結型内の粉末材料を押圧し、通電する通電電極を備え、前記通電電極により前記粉末材料を通電加圧焼結する通電加圧焼結機構60を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 焼結型をロータリテーブルにより移動させて前記焼結型内の粉末材料を通電加圧焼結法により焼結するロータリテーブル式通電加圧焼結装置において、

周辺部に焼結型装着部が円周方向に所望の間隔で設けられた、間欠回転可能なロータリテーブルと、

前記焼結型装着部に固定されており、中に前記粉末材料が充填される貫通穴を有して前記貫通穴の下部に下パンチ部材が移動可能に挿入可能な焼結型と、前記焼結型と組み合わされて前記焼結型の移動中でも所定の温度に予熱できる加熱装置と、

前記ロータリテーブルの間欠停止時に前記焼結型の穴内に所望量の前記粉末材料を充填する充填機構と、

前記焼結型内の粉末材料を前記下パンチ部材及び粉末材料の上側に挿入された上パンチ部材を介して押圧し、通電する通電電極を備え、前記通電電極により前記粉末材料を加圧すると共に電流を流して通電加圧焼結して焼結体にする通電加圧焼結機構と、を備えるロータリテーブル式通電加圧焼結装置。

【請求項2】 請求項1に記載の通電加圧焼結装置において、前記焼結型及び加熱装置が焼結型組立体として一体的に組み立てられていて、前記ロータリテーブルの前記焼結型装着部に取り付けられているロータリテーブル式通電加圧焼結装置。

【請求項3】 焼結型をロータリテーブルにより移動させて前記焼結型内の粉末材料を通電加圧焼結法により焼結するロータリテーブル式通電加圧焼結装置において、

周辺部に焼結型装着部が円周方向に所望の間隔で設けられた、間欠回転可能なロータリテーブルと、

前記焼結型装着部に着脱自在に配置されるようになっている焼結型組立体であって、中に前記粉末材料が充填される貫通穴を有して前記貫通穴の下部に下パンチ部材が移動可能に挿入可能な焼結型と、前記焼結型の周囲に配置された加熱装置とを備えた焼結型組立体と、

前記ロータリテーブルの間欠停止時に前記焼結型の穴内に所望量の前記粉末材料を充填する充填機構と、

前記焼結型内の粉末材料を前記下パンチ部材及び粉末材料の上に挿入された上パンチ部材を介して押圧し、通電する通電電極を備え、前記通電電極により前記粉末材料を加圧すると共に電流を流して通電加圧焼結して焼結体にする通電加圧焼結機構と、を備えるロータリテーブル式通電加圧焼結装置。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載の通電加圧焼結装置において、焼結が完了した焼結体を前記焼結型から抜き取る抜き取り機構を更に備えるロータリテーブル式パルス通電加圧焼結装置。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の通電加圧焼結装置において、前記焼結型内を洗浄する洗浄

機構を更に備えるロータリテーブル式通電加圧焼結装置。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれかに記載の通電加圧焼結装置において、前記焼結型内に離型材を塗布する離型材塗布機構を更に備えるロータリテーブル式通電加圧焼結装置。

【請求項7】 請求項1ないし6のいずれかに記載の通電加圧焼結装置において、前記ロータリテーブルは、内部が焼結雰囲気制御可能なハウジング内に収容されているロータリテーブル式通電加圧焼結装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、間欠回転するロータリテーブルを使用した通電加圧焼結装置に関し、詳細には、アルミニウム、遷移金属、遷移金属以外の金属及びセラミックス等の粉末材料を、ロータリテーブルに円周方向に所望の間隔で配置されかつ加熱装置により加熱される焼結型内に充填し、その粉末材料をパルス通電加圧焼結方式で焼結するロータリテーブル式通電加圧焼結装置に関する。

【0002】近年、通電焼結技術にも改良が加えられ、放電プラズマ焼結、放電焼結、通電加圧焼結或いはプラズマ活性化焼結を含む、パルス電流を利用して加圧焼結を行うパルス通電加圧焼結法により焼結時間を大幅に短縮することが可能になってきたが、焼結品を量産するには焼結時間を更に短縮化することが要望されている。例えば、遷移金属、遷移金属以外の金属及び半金属の様な金属材料或いはセラミックス等の非金属材料の粉末材料を単体で、或いはそれらを混合して迅速にかつ連続して焼結して焼結体を作る技術はまだ完全なものになっていない。また、粉末材料の種類或いは粉末の粒径によっては、粉末の昇温を迅速に行う必要がある場合があるが、従来技術のパルス通電加圧焼結装置では粉末材料を短時間(例えば数分)で迅速に昇温させて焼結できる装置は提供されていなかった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする課題は、焼結型の予熱を焼結型毎の加熱装置により加熱することによって、焼結時の迅速な昇温、焼結を可能にすると共に、ロータリテーブルを利用して通電焼結に伴う一連の作業を連続的に行えるロータリテーブル式通電加圧焼結装置を提供することである。本発明が解決しようとする他の課題は、本出願人により提案された放電プラズマ焼結法或いは放電焼結、放電加圧焼結又はプラズマ活性化焼結法等を含む、パルス通電加圧焼結法を利用して焼結を行なえるロータリテーブル式通電加圧焼結装置を提供することである。本発明が解決しようとする他の課題は、被焼結材料である粉末材料を中に収容して焼結する焼結型を間欠回転するロータリテーブル上に載せて搬送させ、ロータリテーブルの間欠停止中に

焼結型内への粉末材料の充填、粉末材料の焼結等を行なえるロータリテーブル式通電加圧焼結装置を提供することである。本発明が解決しようとする更に別の課題は、焼結型を焼結型加熱装置と一体的に組み合わせてロータリテーブルにより間欠移動させ、焼結型の洗浄、離型剤の塗布を行なえるロータリテーブル式通電加圧焼結装置を提供することである。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、焼結型をロータリテーブルにより移動させて前記焼結型内の粉末材料を通電加圧焼結法により焼結するロータリテーブル式通電加圧焼結装置において、周辺部に焼結型装着部が円周方向に所望の間隔で設けられた、間欠回転可能なロータリテーブルと、前記焼結型装着部に固定されており、中に前記粉末材料が充填される貫通穴を有して前記貫通穴の下部に下パンチ部材が移動可能に挿入可能な焼結型と、前記焼結型と組み合わさって前記焼結型の移動中でも所定の温度に予熱できる加熱装置と、前記ロータリテーブルの間欠停止時に前記焼結型の穴内に所望量の前記粉末材料を充填する充填機構と、前記焼結型内の粉末材料を前記下パンチ部材及び粉末材料の上側に挿入された上パンチ部材を介して押圧し、通電する通電電極を備え、前記通電電極により前記粉末材料を加圧すると共に電流を流して通電加圧焼結して焼結体にする通電加圧焼結機構と、を備えて構成されている。上記通電加圧焼結装置において、前記焼結型及び加熱装置が焼結型組立体として一体的に組み立てられていて、前記ロータリテーブルの前記焼結型装着部に取り付けられていてもよい。また、通電加圧焼結装置が、前記ロータリテーブルの間欠停止時に焼結が完了した焼結体を前記焼結型から抜き取る抜き取り機構を更に備えていても、前記ロータリテーブルの間欠停止時に前記焼結型内を洗浄する洗浄機構を更に備えていても、或いは、前記ロータリテーブルの間欠停止時に前記焼結型内に離型材を塗布する離型材塗布機構を更に備えるロータリテーブル式通電加圧焼結装置。更に、前記ロータリテーブルが、内部が焼結雰囲気中に制御可能なハウジング内に収容されていてもよい。

【0005】本願の他の発明は、焼結型をロータリテーブルにより移動させて前記焼結型内の粉末材料を通電加圧焼結法により焼結するロータリテーブル式通電加圧焼結装置において、周辺部に焼結型装着部が円周方向に所望の間隔で設けられた、間欠回転可能なロータリテーブルと、前記焼結型装着部に着脱自在に配置されるようになっている焼結型組立体であって、中に前記粉末材料が充填される貫通穴を有して前記貫通穴の下部に下パンチ部材が移動可能に挿入可能な焼結型と、前記焼結型の周囲に配置された加熱装置とを備えた焼結型組立体と、前記ロータリテーブルの間欠停止時に前記焼結型の穴内に所望量の前記粉末材料を充填する充填機構と、前

記焼結型内の粉末材料を前記下パンチ部材及び粉末材料の上に挿入された上パンチ部材を介して押圧し、通電する通電電極を備え、前記通電電極により前記粉末材料を加圧すると共に電流を流して通電加圧焼結して焼結体にする通電加圧焼結機構と、を備えて構成されている。上記通電加圧焼結装置が、焼結が完了した焼結体を前記焼結型から抜き取る抜き取り機構を更に備えていても、前記焼結型内を洗浄する洗浄機構を更に備えていても、或いは前記焼結型内に離型材を塗布する離型材塗布機構を更に備えていてもよい。また、前記ロータリテーブルは、内部が焼結雰囲気に制御可能なハウジング内に収容されていてもよい。

#### 【0006】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1において、本発明のロータリテーブル式通電加圧焼結装置の一実施例としてパルス通電加圧焼結装置(以下単に焼結装置と呼ぶ)が概略的に平面で示されている。この実施例による焼結装置1は、ロータリテーブル機構10と、ロータリテーブル機構のロータリテーブル11に円周方向に所望の間隔で設けられた焼結型装着部に取り付けられた、加熱装置を備えた焼結型組立体20と、ロータリテーブル11の周囲の位置すなわち洗浄ステーションAに配置されていて焼結型内を洗浄する洗浄機構30と、ロータリテーブル11の周囲の位置すなわち離型剤塗布ステーションBに配置されていて焼結型内に離型剤を塗布する離型剤塗布機構40と、ロータリテーブル11の周囲の位置すなわち充填ステーションDに配置されていて焼結型内に被焼結材料である粉末材料を充填する充填装置50と、ロータリテーブル11の周囲の位置すなわち焼結ステーションFに配置されていて焼結型内に充填された粉末材料を焼結するパルス通電加圧焼結機構60と、ロータリテーブル11の周辺部の位置すなわち冷却ステーションGに配置されていて焼結型組立体を冷却する冷却機構70と、ロータリテーブル11の周囲の位置すなわち取り出しステーションHに配置されていて焼結が完了した焼結型内の焼結体を抜き取る抜き取り機構80とを備え、それらは図1に示されるような位置関係で配置されている。なお、90は取り出された焼結体をストックすると共に順次送るスタッカーコンベヤである。

【0007】図2において、ロータリテーブル機構10は、鉛直に配置された支柱12に軸受け13を介して回転自在に支持されたロータリテーブル11と、そのロータリテーブルを間欠的に回転させる駆動装置15とを備えている。ロータリテーブル11は軸受け13を介して支柱12に回転自在に支持されている円筒状のハブ部111と、ハブ部111に軸方向(図で上下方向)に隔てて固定された一対の円板112、113とを備えている。円板112、113の周辺部には焼結型装着部114が複数(本実施例では8つ)設けられている。焼結型

装着部（以下単に装着部）114は、この実施例では円板112及び113に形成された開口115によって形成されている。下側の円板113の下面には、内歯リングギヤ116が円板の回転軸心と同心にして配設固定されている。駆動機構15は、駆動モータ151と、減速機152を介して駆動モータによって回転される歯車153とを備え、その歯車が内歯リングギヤ116とかみ合うことによってロータリテーブルを所望の角度毎に間欠回転するようになっている。ロータリテーブル機構は更に、位置決め機構16及び送電装置17とを備えている。位置決め機構16は、図2に示されるように、各焼結型装着部114に整合して下側の円板113の下面に固定された複数（この実施例では8個）の位置決め部材161と、ロータリテーブル機構の台に取り付けられた位置決めシリンダ162とを備えている。この位置決めシリンダ162のピストンロッド163のテーパー付き先端が位置決め部材161のテーパー穴内に挿入されることによってロータリテーブル111を位置決めする。

【0008】送電装置17は、円板113の下面に絶縁部材171を介して固定された複数対の集電器172を備えている。各対の集電器172は、各焼結型装着部毎に設けられている。各対の集電器は172は、図示しない導電体を介して、円板113の上面に対の集電器毎に取り付けられた雄コネクタ174と電気的に接続されている。送電装置17は、更に、ロータリテーブルの回転軸心と同心に配置されていて支柱12を支える台121に固定された環状の絶縁体175と、その絶縁体175の上面にロータリテーブルの回転軸心と同心に配置固定された一对の給電ケーブル176を備えている。一对の給電ケーブル176は電源装置に接続されている。この給電ケーブル176は環状の絶縁体175全長にわたって設けられているのではなく、少なくとも、冷却ステーションGから取り出しステーションHまでの区間には設けられていない。これは、これらの位置では加熱装置への給電を停止して加熱を中止するためである。上記ロータリテーブル機構10は仮想線で示すようなハウジング2内に収容されている。ハウジング2内は、公知の方法により、真空雰囲気或いは不活性ガス雰囲気等の焼結雰囲気制御可能になっている。

【0009】図2及び3において、ロータリテーブル11の各焼結型装着部114には加熱装置と一体化された焼結型組立体20が配設固定されている。焼結型組立体20は互いに同心状に配置されかつ上下一対の円板23、24及びボルトのような固定具によって互いに固定された内及び外円筒体21及び22を備えている。内円筒体の形状（内面の横断面形状）は星形、多角形等所望の異形状にしてもよい。内円筒体21は焼結型を構成し中心には上下に貫通する穴211が形成されている。下側の円板24には穴211より直径の小さな開口241、又は異形状の開口が同軸状に形成されている。した

がって、開口241を形成する円板24の内周縁は成型型21の穴211より内側に突出している。上側の円板23には穴211より直径の大きな開口231が同軸状に形成されている。焼結型21の穴211の上端部はパンチ部材の挿入を容易にするため面取りが施されている。穴211内の下方には下パンチ部材P1が上下に移動可能に挿入されている。この下パンチ部材は大径部が下円板24の内周縁の上側に当たることによって穴211から抜け落ちないようにになっている。加熱装置26は、焼結型組立体の一对の円筒体21と22との間の隙間内に配置されていて円筒体21の周りに巻かれた電熱コイル27で構成されている。電熱コイル27は耐熱性の絶縁材料によって周囲を絶縁されている。この電熱コイルは適当なリード線（リード線も耐熱性の絶縁材によって絶縁されている）を介して外円筒体22の外周に取り付けられた雄コネクタ28に接続されている。焼結型組立体20の装着部114への固定は、例えば、円板112、113と焼結型組立体20の外円筒体22との溶接又はボルトその他の接続具等の、公知の手段によって行われる。

【0010】図4において、洗浄機構30は、洗浄ステーションBにおいてロータリテーブル11に近接して配置された流体圧シリンダ等のアクチュエータ31と、アクチュエータ31によって上下動されるようになっていて、先端がロータリテーブルの焼結型装着部の上方まで伸びている支持アーム32と、支持アーム32に取り付けられていて鉛直に伸びる支持ロッド33と、支持ロッド33に上下移動可能に案内されていて筒状のカバー部材35と、カバー部材を下方に弾圧しているばね36と、支持ロッド33の下端に取り付けられた洗浄ガス噴射ノズル37とを備えている。支持ロッド33の中心には軸方向に貫通するガス通路331が形成され、そのガス通路の下端は噴射ノズル37内のガス通路（図示せず）と連通している。支持ロッド33のガス通路331の上端は図示しない洗浄ガス供給源に接続されている。噴射ノズル37のノズルヘッド371には下端及び外周に開口する複数のノズル孔が形成されている。カバー部材35は下端が開口しかつ上端がとじられていて、その上端にはガス排気用のフレキシブル管351が接続されている。フレキシブル管は図示しない排気ポンプに接続されている。カバー部材35の下端にはクッション材352が取り付けられている。カバー部材35の下端は、図示のようにハウジング2に形成された穴を通してハウジング内に移動可能に伸びている。カバー部材とハウジングとの隙間は適当なシール装置でシールされている。

【0011】上記洗浄機構30において、焼結型組立体20が洗浄ステーションBに到着すると、アクチュエータ31が動作して支持アーム32及び支持ロッド33が降下する。するとまずカバー部材35のクッション材352が焼結型組立体20の上面に当接して焼結型の穴2

11内をカバー部材で被い、アーム32が更に降下すると支持ロッド33も降下して噴射ノズル37のノズルヘッド371が焼結型21の穴211内に入った状態で支持アーム32及び支持ロッド33の降下は停止する。その後洗浄ガス供給源からガス通路361内に洗浄ガスが供給されてノズルヘッド371のノズル孔からは穴11内にガスが噴射され穴の内面に付着している粉末材料のかすやゴミを吹き飛ばすと共に、フレキシブル管を介してそのガスを外部に排気し、洗浄を行う。

【0012】図5において、離型剤塗布機構40は焼結型組立体20の内側の円筒体21の穴内に上方から離型剤を霧状にして吹き付けるようになっていて、離型剤塗布機構40は、離型剤塗布ステーションCにおいてロータリテーブル11に近接して配置された流体圧シリンダ等のアクチュエータ41と、アクチュエータ41によって上下動されるようになっていて、先端がロータリテーブルの焼結型装着部の上方まで伸びている支持アーム42と、支持アーム42に取り付けられていて鉛直に伸びる支持ロッド43と、支持ロッド43の下端に取り付けられた噴霧ノズル47とを備えている。支持ロッド43の中心には軸方向に貫通する離型剤通路431が形成され、その離型剤通路の下端は噴霧ノズル47内の離型剤通路（図示せず）と連通している。支持ロッド43の離型剤通路431の上端は図示しない離型剤供給源に接続されている。支持ロッド43の下端はハウジング2の穴を通してハウジング内に移動可能に伸びていて、それらの間の隙間は適当なシール装置でシールされている。上記離型剤塗布機構40において、焼結型組立体20が離型剤塗布ステーションCに到着すると、アクチュエータ41が動作して支持アーム42及び支持ロッド43が降下する。そして支持ロッド43に取り付けられた噴霧ノズル47が焼結型21の穴211内に入った状態で支持アーム42及び支持ロッド43の降下は停止する。その後離型剤供給源から離型剤通路461内に離型剤が供給されて噴霧ノズルから穴211内に離型剤が噴霧される。

【0013】図6において、充填機構50は図2の充填ステーションDに配置されていて、図示しない公知の機構により上下動されるようになったシュート51と、粉末材料を貯えておくホッパー52と、ホッパー52内の混合粉末材料を計量してシュートに切り出す公知の構造の切り出し装置53とを備えている。シュート51にはそのシュートを所定の温度に加熱して保温する加熱装置（図示せず）が設けられ、またホッパーにも中の粉末材料を加熱して保温する加熱装置（図示せず）が設けられている。これらの加熱装置は公知の構造の電熱ヒータでよいので、構造の詳細な説明は省略する。

【0014】図7及び図8において、放電プラズマ焼結機、放電焼結機、通電加圧焼結機或いはプラズマ活性化焼結機であり得るパルス通電加圧焼結機構60は、フレ

ーム61に上下に整合して配設固定された上、下ガイド部材611及び612にそれぞれ上下移動可能に案内支持された上、下可動体62a、62bと、上可動体の下側に取り付けられた上通電電極63a及び下可動体の上側に取り付けられた下通電電極63bと、上可動体を上下動させる流体圧シリンダのような上アクチュエータ64a及び下可動体を上下動させる流体圧シリンダのような下アクチュエータ64bとを備えている。各アクチュエータはフレーム61に支持されている。上通電電極63aは、上可動体62aの下面に、絶縁体631a及び銅板等でできた導電板632aを間に挟んでそれらの間で伸びる絶縁ボルト等により取り付けられていて、導電板632aとは電氣的に接続されているが上可動体とは電氣的に接続されないようになっている。下通電電極63bは、下可動体62bの上面に、絶縁体631b及び銅板等でできた導電板632bを間に挟んでそれらの間で伸びる絶縁ボルト等により取り付けられていて、導電板632bとは電氣的に接続されているが下可動体とは電氣的に接続されないようになっている。上通電電極63aの下端には焼結型内に挿入されて焼結型内の粉末材料に上から圧力を加えると共に焼結電流を流す上パンチ部材Puが固定具64aにより取り外し可能に取り付けられている。固定具は止めねじ等により上通電電極の下端面に取り付けられている。下通電電極は、上端面が、焼結型21の穴211内に挿入されている下パンチ部材65bの下端面と接触して下パンチ部材を下から押圧するようになっている。上、下アクチュエータは、この実施例では流体圧シリンダであり、上アクチュエータ64aのプランジャ641aは上可動体62aに公知の方法により連結されて上可動体と一体となって上下動するようになっている。なお、上、下アクチュエータは電動モータ式シリンダでもよい。下アクチュエータ64bのプランジャ641bは下可動体62bと公知の方法で連結され下可動体と一体となって上下動するようになっている。導電板632a、632bは図示しない電源装置に同じく図示しないスイッチ装置を介して接続されている。電源装置は直流のパルス焼結電流（通常、電圧100V以下で電流5,000A以上）を供給できるものである。

【0015】上記パルス通電焼結機において、穴211内に粉末材料が充填された焼結型組立体2がロータリテーブル11の間欠回転により焼結ステーションFに送られてその位置で位置決めされると、上、下アクチュエータ64a、64bが動作して上、下可動体62a、62bを介して上通電電極63aを下降させると共に下通電電極63bを上昇させ、上、下パンチ部材Pu、Plにより粉末材料mを所定の圧力で加圧する。この状態で上、下通電電極63a、63b間に所定の値の直流パルス電流が流され混合粉末材料を放電プラズマ焼結し、焼結体にする。

【0016】冷却機構70とは、図示しないが、冷却ステーションGにおいて焼結型組立体に冷却ガス（不活性ガス）を吹き付ける冷却ノズル或いは焼結型組立体の外周に接触して冷却できる水冷式の冷却ブロック等、公知の手段を設けてそれらの手段により冷却するようになればよい。なお、冷却が不要の場合には冷却機構を省略しても或いは冷却機構を設けておいて動作させないようにしてもよい。

【0017】図1及び図9において、抜き取り機構80は、抜き取り位置Hにおいてロータリテーブル11の下側に配置された台フレーム81に取り付けられたノックアウト装置82と、ノックアウト装置により焼結型から抜き出された焼結体Mを排出する受け渡し装置84とで構成されている。ノックアウト装置82は、台フレーム81に鉛直状態に取り付けられた流体圧シリンダ83と、流体圧シリンダ83のピストンロッド832に取り付けられた押出部材833とを備えている。受け渡し装置84はフレーム85に軸861が軸受け862により回転可能に支持されたアーム86と、アーム86の先端（図9で右端）に取り付けられた上下動装置としての流体圧シリンダ87と、流体圧シリンダ87のピストンロッド871の先端（図において下端）に取り付けられたチャック88と、アーム86の軸861を回転させるアクチュエータとしての流体圧シリンダ89とを備えている。チャック88は流体圧又は電磁石で動作する一対の爪881を備え、ノックアウト装置82の押出部材833により焼結型21の穴211内から上に押し出された焼結体Mを把持するようになっている。流体圧シリンダ89は基端（図9で左端）がフレーム85に回転可能に支持され、そのピストンロッド891の先端は軸871に固定されたアーム部材863と連結され、それによって流体圧シリンダの動作でアーム86を所定の角度往復回転させるようになっている。このアームの回転角度は、アームが焼結体を受け取る位置とストッカーコンベア90に受け渡す位置との間の角 $\theta$ （図1）である。ハウジング2の上部には抜き取り位置に開口が形成されていると共にその開口201を開閉するシャッター板202が設けられている。ハウジング内には開口201の周囲を取り巻くように筒状の遮蔽部材203を設けてもよい。上記抜き取り機構において、アーム86はアクチュエータ89によりチャック88が抜き取り位置にあるハウジング2の開口の上に位置決めされた状態で待機している。焼結が完了しかつ冷却された焼結型組立体20が抜き取りステーションHに到着すると、シャッター板s公知の駆動機構（図示せず）により動作されたハウジング2の開口を開くと共に流体圧シリンダ87がチャック88が降下される。一方、ノックアウト装置82の流体圧シリンダ83が動作して押し出し部材833により焼結型内の焼結体Mを穴211から押し出す。すると、焼結体は受け渡し装置84のチャック88により把持さ

る。チャックが焼結体を把持すると、受け渡し装置84の流体圧シリンダ87が動作してチャックが上昇され、流体圧シリンダ89が動作してアーム87を回転させ、チャックをストッカーコンベア90の上に移動させ、その上に焼結体を載せる。

【0018】次に上記ロータリテーブル式通電焼結装置の全体的な動作を説明する。焼結型組立体20は穴211内に下パンチ部材65bが予め装着されており、かつ加熱装置26によって粉末材料により決まる所定の温度に予熱されている。このような焼結型組立体20がロータリテーブル11の間欠回転によりまず洗浄ステーションAに送られ、そのステーションで洗浄機構30によって穴211内が洗浄される。次に焼結型組立体が離型剤塗布ステーションBに送られてくると離型剤塗布機構40により穴211内に離型剤が塗布される。

【0019】その後、焼結型組立体が充填ステーションDに到着すると、充填機構50により穴211内には、粉末材料、例えば、アルミニウム、マグネシウムのような遷移金属以外の金属、遷移金属等の金属或いはセラミックのような非金属の粉末材料が、単独（1種類のみ）で或いはそれらが混合されて所定量穴内に充填される。次に粉末材料が充填された焼結型組立体20がロータリテーブルの回転により焼結位置Fに送られてくると、この位置でパルス通電焼結機60の上、下通電電極63a及び63bにより粉末材料mをその粉末材料によって決定される所望の圧力で加圧し、それらの通電電極に所定の値の直流パルス電流を流して放電プラズマ焼結により焼結させ焼結体Mをつくる。SPS焼結温度は粉末材料によって決まる所定の温度以下となるようにする。この放電プラズマ焼結により、混合粉末材料は、完全に溶解することなく、粉体の結晶組織構造を保ったまま隣接する粒子間で拡散結合し、ベース材料を主成分とする材料の焼結体Mになる。これは、オン・オフ直流、パルス大電流を流すことにより混合材料における通電初期のミクロな火花放電現象により生じる放電プラズマ、放電衝撃圧力などによる表面浄化活性化効果、及び／又は初期、中期、後期におけるジュール熱による熱拡散効果、電場による電解拡散効果等により粒子形状を保ったまま互いに表面部分でのみ溶着するような形態で拡散結合し合うためである。例えば、アルミニウム高シリコン系（シリコン含有量12%以上）ナノ構造組織を有する出発原料粉末の場合、これによりできあがった焼結体はナノ構造組織のまま固化でき、超塑性と言われる大きな延性を示し、所望の最終製品形状に鍛造する際に、 $10^{-2} \text{ S}^{-1}$ 以上の高歪速度下での高速鍛造加工が可能となり、被加工性が向上する。焼結が完了した後、焼結型組立体20はロータリテーブルの回転により抜き取り位置Hに送られ、その位置でノックアウト装置82により焼結体Mが焼結型の穴から押し出される。押し出された焼結体Mはチャック85により受け取られ、ストッカーコ



ンベア90に受け渡される。粉末材料が種々の材料の混合物から成る場合は、好ましいSPS焼結温度は混合物のベースになるベース材料の種類により異なり、ベース材料の融点の70%ないし90%の温度範囲である。上記において、SPS焼結温度とは、放電プラズマ焼結(Spark Plasma Sintering)、放電焼結及びプラズマ活性化焼結などのパルス通電焼結法の技術分野で一般的に使用されている温度表示で、パルス通電焼結時の焼結型(本発明では焼結型)の温度を言う。これは焼結型内の温度を直接測定することが困難なため、焼結型の温度を測定することによって、焼結型内部の被焼結材料の温度を推定するものである。なお、上記実施例ではロータリテーブル機構全体をハウジング2内に収容して焼結型内の洗浄から焼結までの各工程をハウジング内で行うようにしているが、焼結工程を行う部分のみをハウジングで囲って焼結雰囲気にしてもよい。

【0020】図10及び図11において、焼結型組立体の他の実施例が20aで示されているこの焼結型組立体20aはロータリテーブルに固定されるものでなく、ロータリテーブルの装着部114aに取り外し可能に装着されるようになっている一例が示されている。焼結型組立体20aの基本構造は前記実施例の焼結型組立体と同じであるが、この焼結型組立体20aの下板24aは、図11に示されるように、矩形に形成され、両縁部243aがロータリテーブル11aの装着部114aに設けられた一对の位置決め保持部材117aにより保持され、それによって焼結型組立体を装着部に着脱可能に保持するようになっている。位置決め保持部材117aには板ばねのような偏倚手段118aが設けられ、それによって焼結型組立体の下板24aを弾圧保持する。焼結型組立体20aを装着部114aに装着するには、下板24aの突起244aをチャック等で把持して図12で矢印の方向に、移動することによって行う。このように焼結型組立体をロータリテーブルに着脱式にすることによって、焼結型組立体の洗浄、離型剤の塗布等の作業、更には焼結型組立体からの焼結体の抜き取り作業をロータリテーブル上の位置とは別の位置でロータリテーブルから外した状態で行うことができる。この場合、例えば、前の実施例の抜き取りステーションHで焼結型組立体をロータリテーブルから取り出し、図示しない別のラインに設けられた抜き取り機構により焼結型組立体から焼結体を抜き取り、その後、焼結型組立体の洗浄及び離型剤の塗布を行った後、洗浄ステーションAにおいてロータリテーブル上に焼結型組立体を装着するようにしてもよい。ロータリテーブルからの焼結型組立体の取り出し又はそこへの装着は公知の機構を利用して自動的に行える。

## 【0021】

【効果】本発明によれば、(イ)加熱装置により焼結型を焼結工程の前段階で移動中でも所望の温度に予熱しておくので、ナノオーダーの超微細結晶組織構造を有するアルミニウム合金のような、出発原料粉末の急速昇温が可能となり、粒成長を抑制しかつ結晶構造を保ったままでの所望の焼結を行うことができる、(ロ)焼結型を一体的に移動する加熱装置により粉末原料そのものを予熱することなどにより焼結工程の中間での被焼結材料の温度を所定の温度に独立的に昇温保持できるため、焼結時間を従来のパルス通電焼結方式より大幅に短縮でき、材料の装填、昇温、焼結、保持、冷却、取り出しまでの全行程の所要時間が従来法に比べて1/15ないし1/30の、1ないし5分の高速で連続焼結が可能になった、(ハ)予熱装置と前後処理装置が連動することにより、従来より大きなパルス大電流を短時間に焼結エネルギーとして投入しても、焼結体のバラツキはなく、均質で高品位な焼結体を得ることができる、(ニ)ロータリテーブル式にしたため焼結に付随した一連の動作を、焼結型の移動に合わせて容易に連続的にかつ連動させて行うことができ焼結工程の自動化と省スペース化を可能にする、等の効果を奏することが可能である。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるロータリテーブル式通電加圧焼結装置の一実施例の概略平面図である。

【図2】図1のロータリテーブル機構を示す断面図である。

【図3】焼結型組立体の断面図である。

【図4】洗浄機構の横断面図である。

【図5】離型剤塗布機構の横断面図である。

【図6】充填機構の概略図である。

【図7】パルス通電加圧焼結装置の側面図である。

【図8】パルス通電加圧焼結装置の正面図である。

【図9】取り出し機構の側面図である。

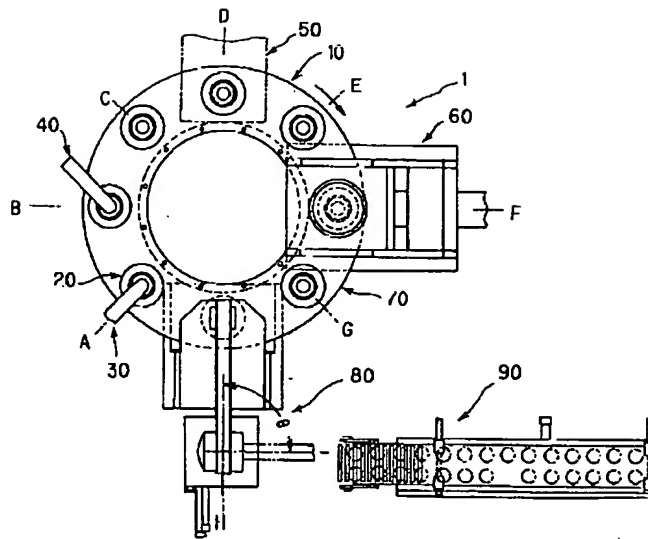
【図10】焼結型組立体の他の実施例の断面図である。

【図11】図10に示された焼結型組立体の平面図である。

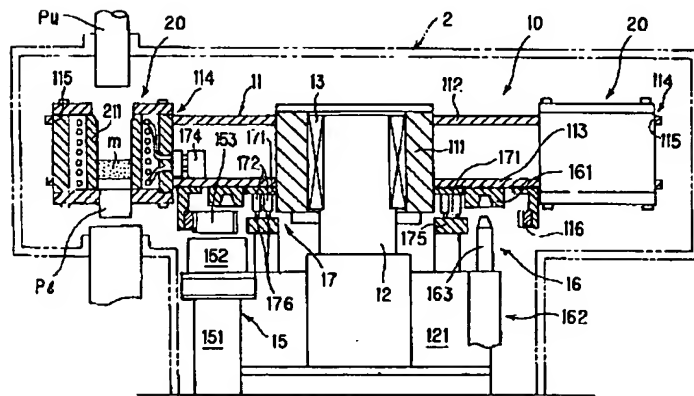
## 【符号の説明】

1 通電加圧焼結装置	2 ハウジング
10 ロータリテーブル機構	20、20a 焼結型組立体
30 洗浄機構	40 離型剤塗布機構
50 充填機構	60 パルス通電加圧焼結機構
70	80 抜き取り機構

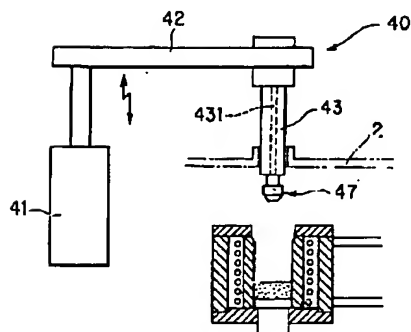
【図1】



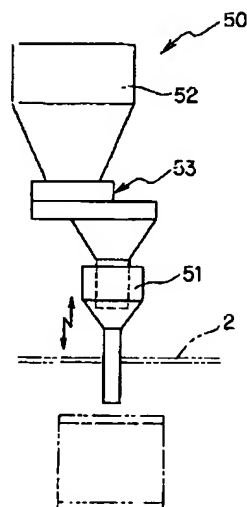
【図2】



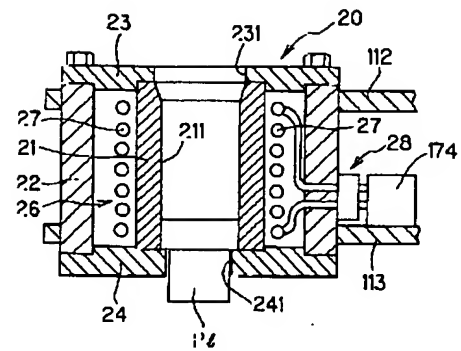
【図5】



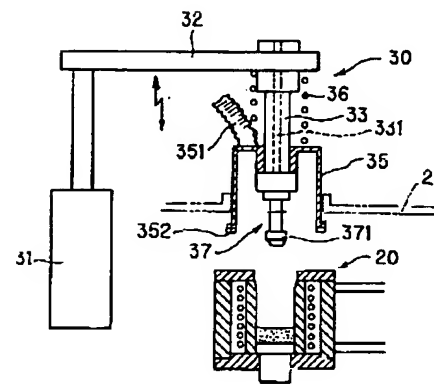
【図6】



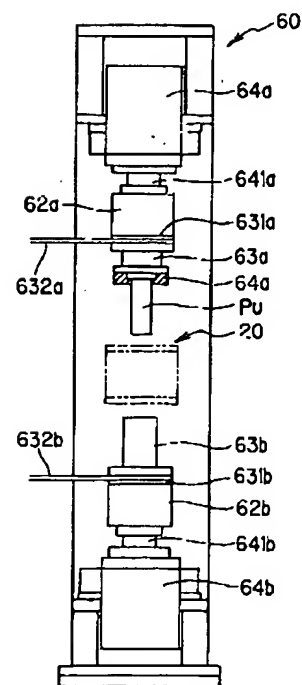
【図3】



【図4】

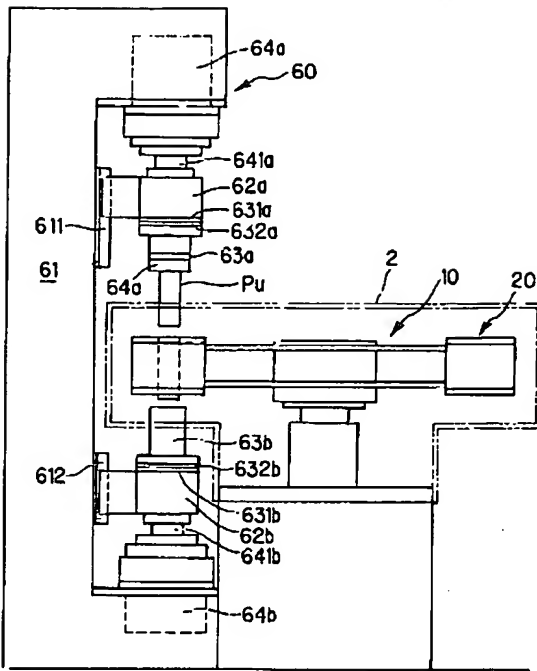


【図8】

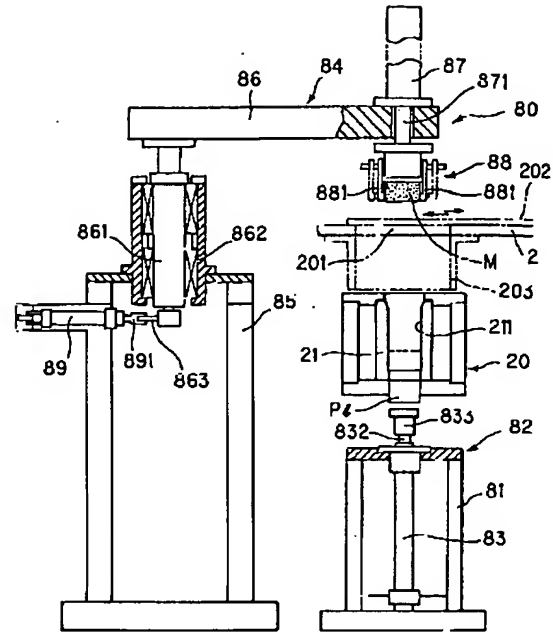




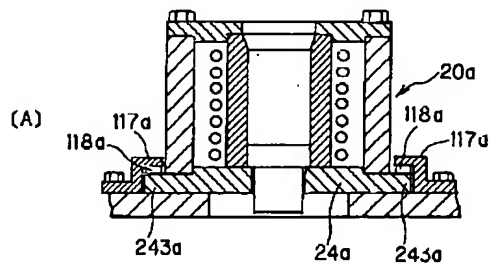
【図7】



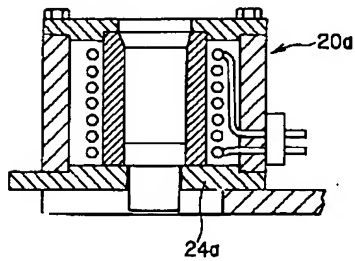
【図9】



【図10】



(B)



【図11】

